

LEFT VENTRICLE SACK IMITATING CONTRACTED FORM OF LEFT VENTRICLE OF ORGANISM AND ITS MANUFACTURE

Publication number: JP2001046496 (A)

Publication date: 2001-02-20

Inventor(s): UMETSU MITSUO; TONO SUMIHIRO; ARITA MAKOTO; SHIRAISHI YASUYUKI +

Applicant(s): UNIV WASEDA +

Classification:

- international: **A61M1/10; A61M1/10; (IPC1-7): A61M1/10**

- European:

Application number: JP19990225744 19990809

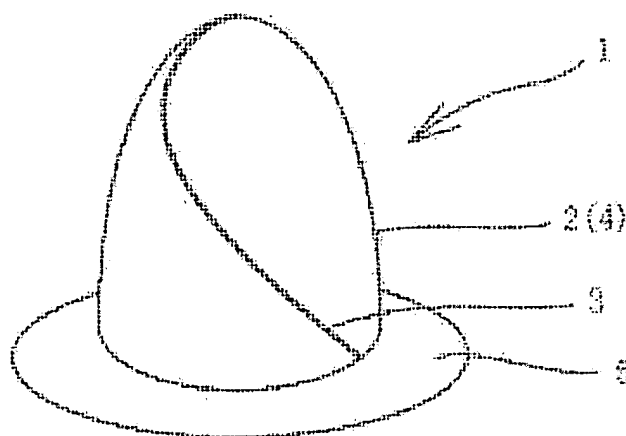
Priority number(s): JP19990225744 19990809

Also published as:

 JP4144014 (B2)

Abstract of JP 2001046496 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a left ventricle sack which can imitate the contracted form of an organism left ventricle. **SOLUTION:** This left ventricle sack 1 comprises a sack body 2 and an elastic rubber cord 3 spirally wound on the outer periphery of the sack body 2. The sack body 2 is made from an elastic material and has an approximately shell-shaped sack part 4 and a flange part 5. Silicone, latex, polyurethane, and the like, are usable as the elastic material, with the silicone particularly desirable. The sack body 1 preferably has a capacity of 40 to 60 milliliters, and preferably 45 to 55 milliliters.



Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-46496

(P2001-46496A)

(43)公開日 平成13年2月20日(2001.2.20)

(51)Int.Cl.⁷

A 6 1 M 1/10

識別記号

F I

A 6 1 M 1/10

データベース(参考)

4 C 0 7 7

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平11-225744

(22)出願日 平成11年8月9日(1999.8.9)

(71)出願人 390001421

学校法人早稲田大学

東京都新宿区戸塚町1丁目104番地

(72)発明者 梅津 光生

東京都練馬区関町南2-24-11-706

(72)発明者 東野 純大

千葉県船橋市田喜野井1-5-18

(72)発明者 有田 誠

東京都目黒区碑文谷3-9-19-406

(72)発明者 白石 泰之

埼玉県大宮市日進町2-1607-2-106

(74)代理人 100080089

弁理士 牛木 誠

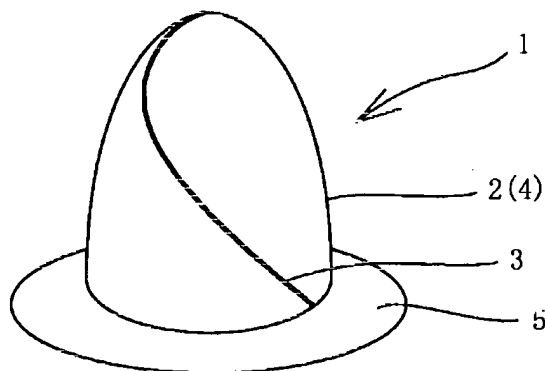
Fターム(参考) 4C077 AA01 BB10 DD04 KK27

(54)【発明の名称】 生体左心室の収縮形態を模擬した左心室サック及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 生体左心室の収縮形態を模擬することの可能な左心室サックを提供する。

【解決手段】 左心室サック1は、サック本体2とこのサック本体2の外周にらせん状に巻装された弾性ゴムひも3とからなる。サック本体2は弾性材料からなり、略砲弾形状の袋部4とフランジ部5とを有する。この弾性材料としては、シリコーン、ラテックス、ポリウレタン等を用いることができ、特にシリコーンが好ましい。このサック本体1は好ましくは40〜60ミリリットル、特に45〜55ミリリットルの容積を有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 弾性材料からなる略砲弾形状のサック本体の外周に弾性ゴムひもをらせん状に巻装したことを特徴とする生体左心室の収縮形態を模擬した左心室サック。

【請求項2】 前記左心室サック本体の容積が40～60ミリリットルであることを特徴とする請求項1記載の生体左心室の収縮形態を模擬した左心室サック。

【請求項3】 弾性材料からなる略砲弾形状のサック本体の外周に弾性ゴムひもをらせん状に巻装することを特徴とする生体左心室の収縮形態を模擬した左心室サックの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、医療用の人工臓器開発等に使用する血液循環シミュレータ回路の左心室部の血液ポンプである左心室サックおよびその製造方法に関する発明である。

【0002】

【発明が解決しようとする課題】冠動脈ステントなどや医療用の人工臓器などは、人の心臓の血流を模擬的に再現した種々のデータに基づいて検証される必要があり、この人の心臓の血流を模擬的に再現する装置として左心室ポンプと冠動脈などに想到する液体の管路とを有する血液循環シミュレータ回路が用いられている。この血液循環シミュレータ回路における左心室部のポンプにはサック型ポンプ、直管型ポンプなどがある。サック型ポンプとは、シリコーンやポリウレタン製のサックと呼ばれる砲弾形状の袋をダイヤフラムに用いたポンプである。また、直管型ポンプとは、ラテックス製の円筒をダイヤフラムに用いたポンプである。これらのポンプは、空気や水等の流体を用いて、ダイヤフラムを収縮拡張させることによって血液を駆出するものである。

【0003】これらのポンプのうち従来の左心室ポンプにはサック型ポンプが一般に用いられている。このサック型ポンプは、心サイクルのうち拡張末期における左心室容積が約150ミリリットルであることから、成形時容積が150ミリリットルとなっている。しかしながら、この左心室サックは拡張時の外觀的形状を模擬するために設計されたものであるが、これまでの左心室サックは、空気圧でサックを圧搾することによって収縮させていたため、人間の生体心臓のような心室壁自体の伸縮を起こすことができなかった。また、心臓外科医によって人間の生体左心室の心拍動にはねじり運動があると言われており、近年の画像診断によってこのねじり運動が確認されている。このねじり運動が左心室から大動脈へ駆出される血液の流れに影響を与えると考えられている。しかしながら、従来の左心室サックでは、この人間の生体左心室の心収縮における心室壁のねじり運動を模擬することは不可能であった。

【0004】そこで、本発明は血液循環シミュレータの左心室サックについて、生体左心室の収縮形態を模擬することの可能な左心室サックおよびそれを製造する方法を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的に鑑み、本発明者らは、生体心臓のねじり運動を模擬した左心室サックについて鋭意研究した結果、サックの成形時容積を従来の150ミリリットルから50ミリリットルに変更することによって心室壁自身の伸縮が可能となり、またサックの外周に弾性ゴムひもをらせん状に巻くことによってねじり運動を模擬できることを見出し、本発明に想到した。

【0006】本発明の請求項1記載の生体左心室の収縮形態を模擬した左心室サックは、弾性材料からなる略砲弾形状のサック本体の外周に弾性ゴムひもをらせん状に巻装したものである。

【0007】また、請求項2記載の生体左心室の収縮形態を模擬した左心室サックは、前記請求項1において、前記左心室サック本体の容積が40～60ミリリットルであるものである。

【0008】さらに、本発明の請求項3記載の生体左心室の収縮形態を模擬した左心室サックの製造方法は、弾性材料からなる略砲弾形状のサック本体の外周に弾性ゴムひもをらせん状に巻装するものである。

【0009】

【発明の実施形態】以下、本発明の生体左心室の収縮形態を模擬した左心室サックについて詳細に説明する。図1は、本発明の一実施形態による左心室サックを示しており、この左心室サック1は、サック本体2とこのサック本体2の外周にらせん状に巻装された弾性ゴムひも3とからなる。サック本体2は弾性材料からなり、略砲弾形状の袋部4とフランジ部5とを有する。このフランジ部5は後述する血液循環シミュレータで使用するときに用いる左心室ケーシング12Aに固定するためのものである。この弾性材料としては、シリコーン、ラテックス、ポリウレタン等を用いることができ、特にシリコーンが好ましい。このサック本体1は好ましくは40～60ミリリットル、特に50ミリリットルの容積を有する。なお、本明細書中において、略砲弾形状のとは、一側から他側に向けて滑らかに窄まった砲弾のような形状のことであり、釣鐘形状や長楕円を半分に分割した形状などこれに類する形状も含む。

【0010】本発明においてシリコーンとしては、2液混合型のシリコーンRTVゴムを用いることができ、好ましくは、約40の硬度(JIS)と約300%の伸び率を有する付加型硬化方式のシリコーンである。このようなシリコーンは、主剤と硬化剤の混合後、常温において約24時間で硬化する。このシリコーンの調製時には、主剤、硬化剤のほか粘度調整のためにジメチルシ

リコーンオイルを主剤100重量%に対し20~30重量%程度混合する。混合した直後のシリコーンは気泡を多く含むので、脱泡機により気泡を除去する。このようなシリコーンを用いて、後述するようなモールドにより略砲弾形状のサック本体1を製造する。

【0011】また、弾性ゴムひも2を構成する弾性材料としては、シリコーン、ラテックス、ポリウレタン等を用いることができるが、サック本体1との接着性の点で該サック本体1と同じ材質のものを用いるのが好ましい。この弾性ゴムひも2としては、サック本体1に巻装可能な径であれば特に制限はないが、平常時で3~5mm程度の径のものが好ましい。上述したような弾性ゴムひもは、例えば、シリコーン製の弾性ゴムひもの場合、所望とするゴムひもの径に応じた内径を有する金属製パイプの内側にシリコーンを充填し、硬化させることによって得ることができる。特に内径3~5mmの円形断面のアルミニウム製のパイプを用いて製造するのが好ましい。

【0012】次に上述したような左心室サックの製造方法について説明する。

【0013】左心室サック1は、図2に示すような容積50ミリリットルのモールド6を用いて成形したサック本体2に、シリコーンの弾性ゴムひも3をらせん状に巻装し、接着したものである。好ましいモールド6はジュラルミンをNC旋盤によって加工したものであるが、これをシリコーン等で型取りしエポキシ樹脂で複製したものでもよい。

【0014】以下にサック本体2の成形の例として、一軸回転成形機を使用した場合について説明する。一軸回転成形機ではモールド6を水平な回転軸に取り付け、モールド6の表面にシリコーンを塗布し、軸を定回転させながらサック本体2を成形する。好ましい一軸回転成形機は恒温制御されたヒータ式オープン内に、ステッピングモータを回転軸が水平になるように設置し、その回転軸にモールド6を取り付けるものである。オープン内の温度は、50~150℃程度まで制御できればよい。また、ステッピングモータの回転数は最大で1000rpmの定回転駆動ができればよい。

【0015】このような一軸回転成形機におけるモールド6のサック開口部側にはシリコーン製のフランジ部5をサック本体2の袋部4と一体成形するために、金属のプレート(図示せず)を長軸7に対して垂直に取り付ける。このフランジ部5は左心室サック1を後述する血液循環シミュレータで使用するときに用いる左心室ケーシングに固定するためのものである。

【0016】そして、下記(a)~(e)の手順により左心室サック1を製造する。

(a) モールド6を一軸回転成形機の回転軸に取り付ける。このとき、モールド6がエポキシ樹脂等の樹脂製の場合は、モールド6に離型剤を塗布するのが好ましい。また、モールド6が金属製の場合には、特に塗布する必

要はない。

(b) モールド6を50~60rpmで回転させながら、シリコーンをモールド6とフランジ部5に均一に塗布する。一回に塗布するシリコーンの量は9~10gが好ましい。これ以上のシリコーンを塗布すると、一様な厚さの左心室サックを製造するのが困難になる。左心室サックの膜厚の差異により、左心室サックとしての機能は異なる。通常は1回塗りが好ましいが、膜の厚いサックを製作する場合は、一度塗布したシリコーンを硬化させてから2回塗あるいは3回塗によって製作する。

(c) シリコーンを塗布し終えたら、モールド6を20rpmで回転させ、ヒータの電源を入れる。ヒータの設定温度を120℃にし、オープン内の温度が120℃に達してから約30分間放置する。

(d) 約30分でシリコーンの硬化は完了する(シリコーンの硬化時間は常温で約24時間であるが、高温下では温度が高いほど速く硬化する)。硬化が完了したらモールドを一軸回転成形機から取り出す。

(e) あらかじめ製作しておいたシリコーンの弾性ゴムひもをシリコーンで接着しながら、モールド6の外周、すなわちモールド6の外側に形成されたサック本体2に巻装する。この弾性ゴムひもの巻装方向は、モールドの先端からみて時計回りである。

【0017】次に、このシリコーンの弾性ゴムひもを接着する工程について図3を参照して説明する。まず、フランジ部7Aを下にしてモールド6を置き、フランジ部7Aとサック本体2の接合部付近に弾性ゴムひも3の一端を接着する(図3(a)、(b))。接着はハケ8などによりシリコーンを弾性ゴムひも3の端部に少量塗布し、これをサック本体2との接着部に当ててドライヤー9で硬化させる。ここで使用するドライヤー9は、その先端が直径7mm程度で強力なものが好ましい。強力なドライヤー9を使用することにより約10秒でシリコーンは硬化する。

【0018】弾性ゴムひも3の一端を接着したら、その接着部を押さえながら弾性ゴムひも3を1.5~2.0倍に引き伸ばし、フランジ部7Aに対して45~60°の角度でモールド6の外側に這わせる(図3(c))。そして、最初の接着部から約2cmのところまで、弾性ゴムひも3とサック本体2の接触面にシリコーンを塗布し、弾性ゴムひも3を引き伸ばしたままドライヤーを用いて接着する。この第二の接着部からさらに2cm前と同様に、弾性ゴムひも3の角度をフランジ部7Aのフランジ面に対して45~60°に保ったまま接着する。第三の接着部からまた同様の操作をする(図3(d))。

【0019】第四の接着部がモールド6の先端から1/3の位置に達したら、弾性ゴムひも3の角度をフランジ面に対して60~80°に徐々に変化させながら、モールド6の外周に約1.5cm這わせ接着する(図3(e))。このときも弾性ゴムひも3を1.5~2.0

倍に引き伸ばしておく。第五の接着部からサック本体2の先端まで、弾性ゴムひも3の角度をフランジ面に対して90°で同様に接着する(図3(f))。そして、余分な弾性ゴムひも3をハサミ10などで裁断することにより左心室サック1を製造することができる(図3(g), (h))。

【0020】なお、上述したような弾性ゴムひも3の巻装工程において、その接着方法としては2通りの場合がある。すなわち、1つは弾性ゴムひも3全体に接着剤を塗布して全体を接着する方法であり、もう一つは弾性ゴムひも3全体ではなく5、6個所を点で接着する方法である。二つ目の方法については、上の製作手順で各段階ごとに弾性ゴムひもを引き伸ばした点を接着すればよい。どちらの方法でも弾性ゴムひも3の巻き方は同様である。

【0021】次に上述したような左心室サックの使用方法について説明する。

【0022】左心室サックは血液循環シミュレータ回路において左心室部のポンプとして使用する。この血液循環シミュレータ回路の一例を図4に示す。同図において血液循環シミュレータ回路11は、左心室ケーシング12Aに収納された左心室サック12と、この左心室サック12のフランジ部に取り付けられた取付部材13に環状に設けられた管路である模擬大動脈14とを有し、左心室サック12の出口側の取付部材13には大動脈弁15が設けられている。また、模擬大動脈14の途中にはコンプライアスタック16と抵抗器17とオーバーフロータンク18とがそれぞれ設けられており、その流入部は取付部材に設けられた僧帽弁19を介して左心室サック12に流入する。また、左心室サック12には駆動用の空気圧駆動装置20と連通している。上述したような回路11において、模擬大動脈14としてはPVC(ポリ塩化ビニル)チューブやタイゴンチューブあるいは人間の生体大動脈の形状を模擬したシリコーン製大動脈弓などを用いることができる。コンプライアスタック16及び抵抗器17は、末梢血管にコンプライアンス要素及び抵抗要素を模擬するための集中要素である。さらに、左心室ケーシング12Aは、左心室サック12を介して、血液(または生理食塩水)と空気圧駆動装置20から送られてくる空気を隔てるためのハウジングである。

【0023】図5にこの左心室ケーシング12Aの一例を示す。このケーシング12Aは透明なアクリル樹脂製であり、大動脈弁15及び僧帽弁19を有する模擬大動脈14を備えた取付部材13がケーシングのフランジ部12Bに着脱可能となっており、このフランジ部12Bに左心室サック12のフランジ部を固定する。左心室サック12の駆動方法は陰圧によってケーシング12A内を陰圧としてサック12を拡張させ、陽圧によってサック12を収縮させる。このため、空気圧駆動装置20は2つの圧力タンクを有し、一つは陽圧タンク、もう一方は陰圧タンクである。左心室サ

ックを駆動するための圧力は、これら2つの圧力タンクを電磁弁により切り替えることによって供給される、電磁弁は電気回路によって制御される。電磁弁の制御によって心拍数、左心室収縮時間比が決まる。好ましい空気圧駆動装置20としては、心拍数が40~120BPM、左心室収縮時間比が20~50%、陽圧が0~350mmHg、陰圧が0~-100mmHgの間でそれぞれ調節することができればよい。

【0024】左心室サック12の駆動条件としては正常な人間の心機能を模擬するために、心拍数60~80BPM、左心室収縮時間比33~37%のもとで、心拍量が4.5~6.0リットル/分、大動脈圧が90~110mmHgになるように陽圧、陰圧および血液循環シミュレータ回路11の抵抗器17を調節する。空気圧駆動装置20の陽圧、陰圧の設定値の目安としては、陽圧が100~200mmHg、陰圧が-5~-30mmHgの範囲内である。

【0025】また、正常な人間の生体左心室の容積は拡張末期で約120ミリリットルであるので、左心室サック12についても拡張末期容積約120ミリリットルで駆動する例えば、心拍出量5.0リットル/分、心拍数60BPMであれば、1回の拍出る量は約83ミリリットル/ビートであるから、左心室サック駆動時の容積変化範囲は約40(収縮末期)~120(拡張末期)ミリリットルにすればよい。

【0026】以上に標準的な左心室サックの使用方法を示したが、これ以外にも各種駆動パラメータはさまざまな人間の心機能を再現するために適当な値に設定することが可能である。

【0027】前記構成につきその作用について説明する。血液循環シミュレータ回路11を起動することにより、前記所定の条件で空気圧駆動装置20を起動させると、左心室ケーシング12A内に陰圧、陽圧が交互にかかり、これにより左心室サック12が拡張、収縮を繰り返す、これに伴い模擬大動脈14内の血液や生理食塩水などが回路11を循環する。このような血液循環シミュレータ回路11において、図1に示すように左心室サック1は、左心室サック本体2の外周に弾性ゴムひも3を巻装したものである。このため、このねじり運動によって、左心室サック1から流出する液体の流れに旋回流が発生する。この旋回流は従来の左心室サックにはない流れであり、本発明の左心室サック1を使用することによって、その血流が大動脈弁や血管に与える影響などを調べることが可能になる。また、左心室サック1の成形容積を50ミリリットルにすることによって、正常な人間の生体心臓と同じようにそれ自身が膨張・収縮することにより液体を吐出するので、心収縮・拡張時における長軸短軸方向の径変化を模擬することができる。

【0028】

【実施例】以下の具体的実施例に基き本発明をさらに詳細に説明する。

実施例 1

旋回流測定実験

【0029】図1に示すような左心室サック1の拍動時のねじり運動が、左心室から大動脈へ流出する血液に与える影響を調べるための実験装置を図6に示す。本実験により左心室から大動脈へ流出する血流の旋回を調べる。本実験では従来の左心室サック、すなわち成形容積150ミリリットルで弾性ゴムひもを巻装していない左心室サックと比較を行った。

【0030】図6に示す実験装置は、ウインドケッセル式血流循環シミュレータ回路の略図であり、基本的には図4に示す血液循環シミュレータ回路と同じ構成を有するので、同一の構成には同一の符号を付し、その詳細な

説明を省略する。図6において模擬大動脈管14には、旋回流測定装置21が設置されている。この旋回流測定装置21は、図7に示すように模擬大動脈管14に回動自在に旋回計測用のプロペラ22が設けられており、このプロペラ22の動きは後流側に設置した観測窓23で観測可能となっており、特に高速カメラ24によって、このプロペラ22の回転数を計測することによって血流の旋回の程度を調べることができるものである。

【0031】表1に実験条件、図8に実験結果を示す。実験は人間の標準的な生体心臓の心拍数60BPM、90BPMのもとで行った。また、図8において各心拍数ごとにプロペラの回転数の有意差検定(t検定)を行った結果を表2に示す。

【0032】

【表1】

旋回流測定実験条件

左心室収縮時間比	30%	
左心室圧	-30(最小)~130(最大)mmHg	
心拍出量および心拍数	4.5	60BPM
	リットル/分	90BPM

【0033】

【表2】

	プロペラの平均回転角(度/1拍)		t検定
	従来のサック (SD)	本発明のサック (SD)	
4.5リットル/分 90BPM	16.3 (43.5)	102.5 38.5	P<0.05 (有意差あり)
4.5リットル/分 90BPM	49.4 (21.3)	112.5 (40.6)	P<0.05 (有意差あり)

【0034】表2より、本発明の左心室サックと従来の左心室サックの旋回には有意な差が認められ、本発明の左心室サックの拍動時のねじり運動が、左心室から大動脈へ流出する血液に旋回流を発生させることが明らかになった。

実施例 2

収縮形態比較実験

【0035】図1に示すような本発明の左心室サックの収縮・拡張時における長軸短軸方向の径変化を正常な生体心臓および従来の左心室サックのものと比較する実験を行った。図9に本実験の実験装置を示す。

【0036】図9に示す実験装置は、ウインドケッセル式血流循環シミュレータ回路の略図であり、基本的には図4に示す血液循環シミュレータ回路と同じ構成を有するので、同一の構成には同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。図9においては、左心室サック12に向けて高速カメラ25が設けられており、この高速カメラ25により左心室サック12の膨張・収縮状態が断続的に撮影可能となっている。実験は人間の標準的な生体心臓の心拍数60BPM、心拍出量5.5リットル/分、平均大動脈圧約90mmHgのもとで左心室サックを拍動させて、そのときに左心室サックの挙動を高速カメラで撮

影した。これらの左心室サックの心収縮末期、拡張末期における画像に基く左心室の膨張収縮の状態を図10にそれぞれ示す。また、参考のために正常な人間の生体心臓の収縮末期、拡張末期における左心室造影画像に基く拡張収縮の状態を図10に併せて示す。

【0037】図10より従来の左心室サックでは長軸方向、すなわち縦方向の径変化が小さいのに対し、本発明の左心室サックでは長軸、短軸方向、すなわち縦方向と横方向の両方向に径変化が見られる。この長軸短軸方向の径変化は、正常な人間の生体心臓にも見られるものである。したがって、本発明の左心室サックは正常な人間の生体心臓における心収縮、拡張時における長軸短軸方向の径変化を模擬することができることがわかる。

【0038】

【発明の効果】本発明の請求項1記載の生体左心室の収縮形態を模擬した左心室サックは、弾性材料からなるサック本体の外周に弾性ゴムひもをらせん状に巻装したものである。生体左心室のねじり運動を模擬することができ、これにより左心室サックから流出する液体の流れに旋回流が発生する。

【0039】また、請求項2記載の生体左心室の収縮形態を模擬した左心室サックは、前記請求項1において、

前記左心室サック本体の容積が50ミリリットルであるものである、正常な人間の生体心臓と同じようにそれ自身が膨張・収縮することにより液体を吐出するので、心収縮・拡張時における長軸短軸方向の径変化を模擬することができる。

【0040】さらに、請求項3記載の生体左心室の収縮形態を模擬した左心室サックの製造方法は、弾性材料からなるサック本体の外周に弾性ゴムひもをらせん状に巻装するものである、生体左心室の収縮形態を模擬した左心室サックを効率よく製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例による生体左心室の収縮形態を模擬した左心室サックを示す斜視図である。

【図2】左心室サックの製造に用いるモールドを示す(a)平面図および(b)側面図である。

【図3】シリコンの弾性ゴムひもを巻装する手順を示

す工程図である。

【図4】血液循環シミュレータの回路構成を示す概略図である。

【図5】左心室ケーシングを示す正面図である。

【図6】旋回流測定実験装置を示す概略図である。

【図7】同上旋回流測定装置を示す概略図である。

【図8】旋回流測定実験結果を示すグラフである。

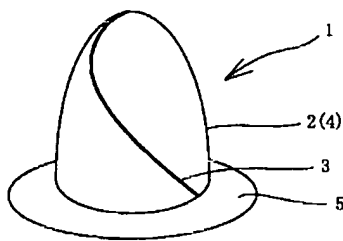
【図9】収縮形態比較実験装置を示す概略図である。

【図10】(a)本発明の左心室サックと、(b)従来の左心室サックと、(c)人間の正常な生体左心室との収縮膨張形態を比較した概略図である。

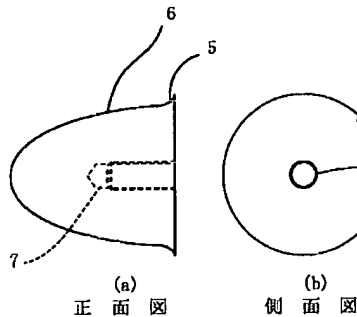
【符号の説明】

- 1 左心室サック
- 2 サック本体
- 3 弾性ゴムひも

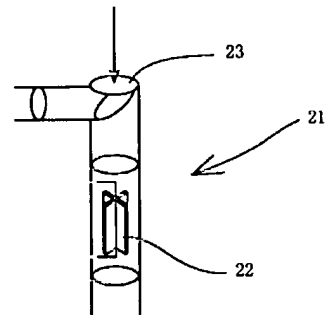
【図1】



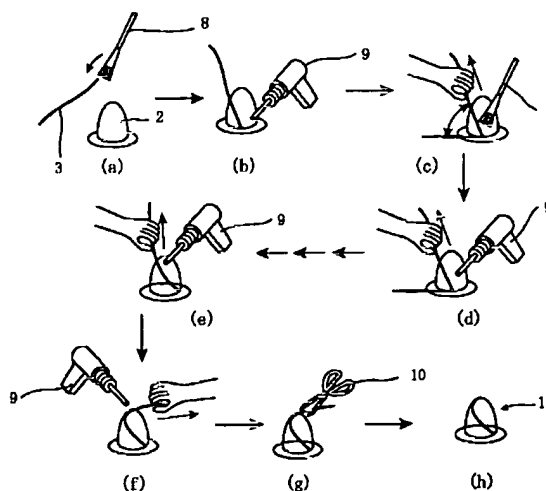
【図2】



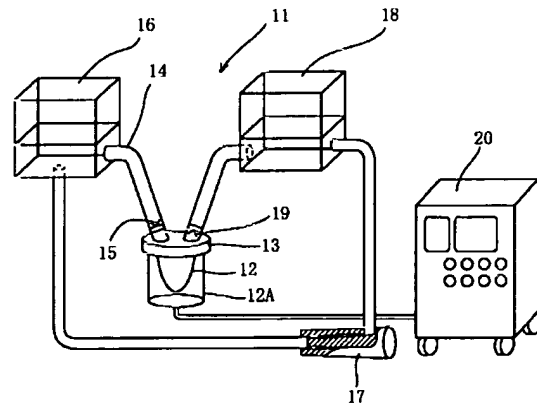
【図7】



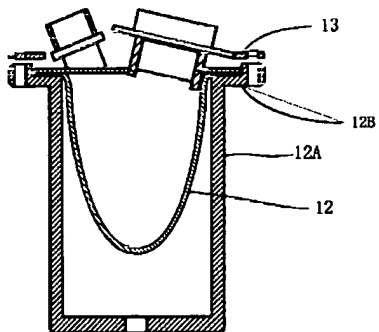
【図3】



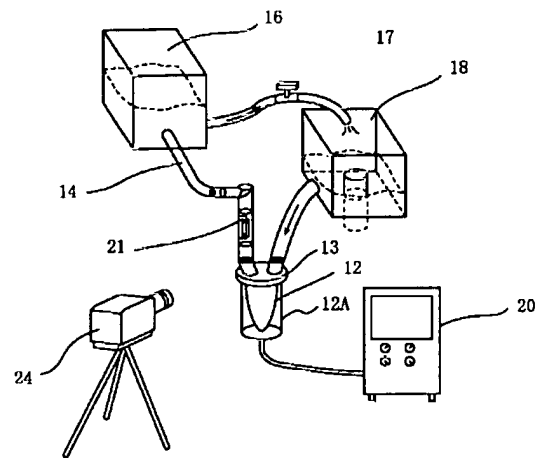
【図4】



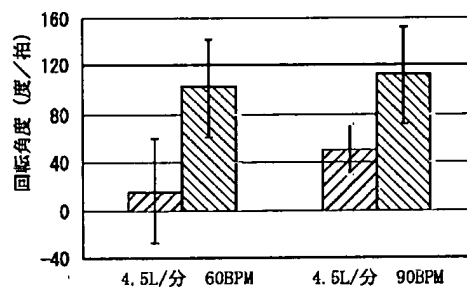
【図5】



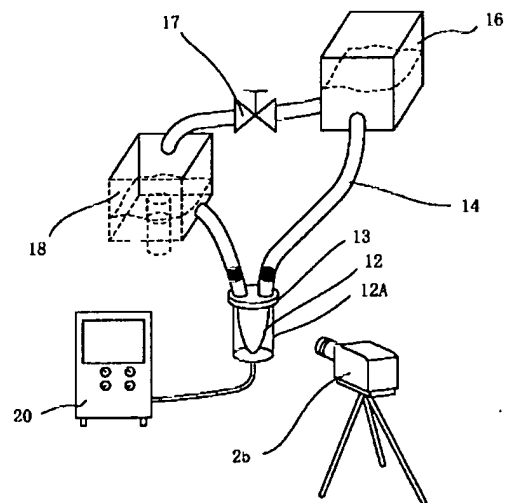
【図6】



【図8】



【図9】



【図10】

